Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 214- 226

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۲۲۶-۲۱۴

نوشیدنی لیموترش فراسودمند و رژیمی، پایدارسازی و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی

مینا کارگزاری[1*] - لیلا باقری[2] - علیرضا محمدی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۲

چکیده

نوشیدنی لیموترش با فرمولاسیون‌های مختلف حاوی شکر (۰، ۶ و ۱۲ درصد)، استویا (۰، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد) و زانتان (۰، ۰/۱۸ و ۰/۲۶ درصد) تهیه گردید. همچنین به‌منظور پوشاندن پس‌طعم تلخ استویا، ترکیب فراسودمند اینولین به میزان ۰/۵ درصد به فرمولاسیون اضافه شد. در این تحقیق، جهت معلق کردن ذرات جامد پالپ و رسیدن به پایداری مطلوب از روش ژل مایع استفاده شد. ساختار ژل مایع، با افزودن محلول داغ هیدروکلوئید زانتان حین هم زنی به محلول نیمه‌رقیق شده نوشیدنی لیموترش تهیه شد. رفتار جریانی و توزیع اندازه‌ی ذرات مورد آزمون قرار گرفت. تنش تسلیم پویای نمونه‌ها محاسبه گردید و پایداری ذرات پالپ در نوشیدنی لیموترش با استفاده از تعیین نیروهای وارده بر ذره پیش‌بینی شد. زانتان با تأثیر قابل توجه بر رفتار جریانی نوشیدنی لیموترش در نرخ‌های برش پایین ویسکوزیته‌ی ظاهری بالایی ایجاد نمود. در نمونه‌های حاوی زانتان، تنش تسلیم مشاهده شد و با روش برون‌یابی بر اساس مدل هرشل بالکلی مقدار آن اندازه‌گیری شد. محاسبات معلق‌سازی بر پایه‌ی تنش تسلیم انجام شد که با نتایج مشاهده شده‌ی پایداری همخوانی داشت. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، خاکستر، بریکس و چگالی)، حسی (ظاهر و طعم) و میکروبی نوشیدنی رژیمی لیموترش مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به ویژگی‌های رئولوژیکی، خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نوشیدنی لیموترش، نمونه‌ی حاوی ۶ درصد شکر، ۰/۰۲ درصد استویا و ۰/۱۸ زانتان به عنوان بهترین فرمولاسیون انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: نوشیدنی لیموترش، استویا، اینولین، ذرات پالپ معلق، ژل سیال، رئولوژی

مقدمه

طی سال‌های اخیر در صنعت غذا شیرین‌کننده‌های مصنوعی متنوعی مانند سیکلامات، ساخارین و آسپارتام با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. علاوه بر این قندهای الکلی مانند سوربیتول و مانیتول به‌عنوان جایگزین شکر، حجم‌دهنده و بافت‌دهنده به غذاها افزوده می‌شوند و تا حدودی می‌توانند ویژگی‌های ساکارز را تأمین کنند (نورمحمدی و همکاران، ۲۰۱۱). استویا (*Stevia rebaudiana*)، گیاهی علفی و حساس به سرما می‌باشد. گلیکوزیدهای استویا قابلیت متابولیسم ندارند، پس می‌توان گفت که این گیاه بدون کالری است (Geuns, 2003). جدیدترین تحقیقات پزشکی در مورد استویا حاکی از تأثیرات ضدویروسی، جلوگیری از افزایش فشار و قند خون و خاصیت درمانی بر رماتیسم و آسم بوده‌اند (Carino-Cortes *et al*., 2007). استویا کاربردهای وسیعی در فرآورده‌های خوراکی داشته و می‌تواند به‌عنوان منبع شیرینی در محصولاتی همچون فراورده‌های قنادی و نانوایی، آبمیوه، مربا، شکلات، بیسکویت و دیگر مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد (حمزه‌لویی و همکاران، ۱۳۸۸؛ شوریده و همکاران، ۱۳۸۹؛ یوسفی اصل و همکاران، ۱۳۹۱). قندهای استویا بر خلاف قندهای الکلی، در درجه حرارت‌های بالا و همچنین درجه حرارت پاستوریزاسیون آبمیوه پایدار هستند و خاصیت شیرین‌کنندگی خود را از دست نمی‌دهند، پس می‌توان آنها را جایگزین مناسبی برای شکرِ به‌کار رفته در فرمولاسیون آبمیوه معرفی نمود. همچنین به دلیل پایین بودن pH در نوشیدنی لیموترش برای تنظیم طعم شیرینی و بریکس استاندارد بایستی از ساکارز بیشتری نسبت به سایر آبمیوها استفاده کرد. مطابق استاندارد ملی ۲۸۳۷، استفاده از شیرین‌کننده‌های مصنوعی در نوشیدنی میوه‌ای غیرمجاز است. این موارد اهمیت

۱- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران‌شمال
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سروستان
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم و تحقیقات واحد مازندران، ساری
(* - نویسنده مسئول: Email: mina.kargozari666@gmail.com)
DOI:10.22067/ifstrj.v1395i0.46440

استفاده از یک شیرین‌کننده‌ی طبیعی مانند استویا را بیان می‌سازد. استویا دارای پس طعم تلخی است که برای پوشانندگی آن می‌توان از ترکیبات بهبوددهنده‌ی طعم مانند نئوهسپردین یا اینولین که یک فروکتوالیگوساکارید است استفاده کرد (جعفری، ۱۳۹۱). Ranji *et al.*, (2014) پایداری آبجوی لیمویی حاوی استویا و ایزومالت در دوره‌ی نگهداری را بررسی کردند. اینولین ماده‌ای است که باعث بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی و بالا بردن ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی می‌شود و همچنین دارای خاصیت هم‌افزایی با شیرین‌کننده‌ها از جمله استویا می‌باشد و خود نیز شیرینی معادل ۳۰٪ ساکاروز را دارد. از نظر متخصصین تغذیه اینولین جزء فیبرهای غذایی محلول در آب طبقه بندی شده است اما تحقیقات حکایت از خواص پری بیوتیکی و بیفیدوژنیکی این ماده دارد که این سبب شده تا از آن بعنوان یک ماده فراسودمند نام برده شود. از سوی دیگر بعلت وجود منابع قابل دسترس اینولین در جهان به نظر می‌رسد این دسته از فروکتان‌ها بتوانند به عنوان مواد اولیه در تولید انواع فراورده‌های غذایی و نوشیدنی‌های فراویژه در مقیاس صنعتی بکار روند (اخوان طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۵). دلشادیان و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر جایگزین کردن اینولین و استویا در فرمولاسیون شیرکاکائو را بر اندیس پراکسید فراورده ارزیابی نمودند. طبق نتایج به‌دست آمده، شیرین‌کننده‌ی استویا باعث کاهش عدد پراکسید شیرکاکائو شد.

صمغ زانتان پلی‌ساکاریدی با وزن مولکولی بالا می‌باشد که در تولید چاشنی‌های سالادی، دسرها، محصولات نانوائی و برخی نوشیدنی‌ها استفاده می‌شود. پایداری فراورده تحت تأثیر تغییرات pH پایین (۳/۵ در اغلب چاشنی‌ها) و روش‌های حرارتی قرار نمی‌گیرد (پارمند و همکاران، ۱۳۸۷؛ رحمتی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Mazorra and Casas, (2000)). بنابراین در این مطالعه از صمغ زانتان برای پایدارسازی ذرات پالپ در نوشیدنی لیموترش استفاده شد. Yu-ying *et al.*، 2009 اثر پایدارسازی سه نوع CMC و سه کلوئید زانتان، آلژینات و صمغ آگار بر پایداری نوشیدنی پالپ‌دار زالزالک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که پایدارترین نوشیدنی پالپ‌دار زالزالک با استفاده از مخلوط نوعی CMC (۰/۳ درصد) و سدیم آلژینات (۰/۰۳ درصد) به‌دست آمد و پس از آن بیشترین پایداری در اثر استفاده از مخلوط CMC و صمغ زانتان حاصل گردید.

هدف از این تحقیق بررسی امکان تولید محصول ویژه‌ای بر پایه‌ی آب لیموترش فراسودمند و رژیمی با ذرات معلق پالپ است. بدین منظور فاکتورهای ویسکوزیته و کاهش اختلاف دانسیته‌ی فاز پیوسته و پراکنده به منظور پایدارسازی بررسی شد و همچنین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی و میکروبی فراورده‌ی نهایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

صمغ زانتان توسط CP Kelco (آتلانتا، GA، USA) تأمین گردید. پودر استویای تجاری با خلوص ۹۵-۸۵ درصد از شرکت اصفهان شکلات خریداری شد. همچنین ساکارز تجاری، پالپ لیموترش (pH=۳؛ ۱۲=بریکس؛ بهنوش، تهران، ایران)، کنسانتره‌ی آب لیموترش (pH=۲/۳؛ ۶۵=بریکس؛ بهنوش، تهران، ایران) و اینولین Frutafit IQ از شرکت Cosun-sensus هلند، به منظور تهیه‌ی نوشیدنی لیموترش پالپ‌دار استفاده شدند.

تهیه‌ی نوشیدنی لیموترش

به منظور تهیه‌ی نمونه‌ی شاهد ابتدا کنسانتره‌ی لیموترش (۲٪ وزنی/حجمی)، شکر (۱۲٪ وزنی/حجمی)، پالپ (۳٪ وزنی/حجمی) و اینولین (۰/۵ ٪ وزنی/حجمی) مخلوط شده و مابقی با آب به حجم رسانیده شد. در ادامه با غلظت‌های مختلف شکر، استویا و زانتان تعداد ۱۰ فرمولاسیون آبمیوه تهیه شد (جدول ۱). پاستوریزاسیون نمونه‌ها در بن‌ماری (مدل WNB-10، شرکت Memmert، آلمان) به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۰°C انجام شد.

جدول ۱- شماره‌ی نمونه‌ها و سطوح متغیرهای مستقل

شماره نمونه	شکر (g/۱۰۰cc)	استویا (g/۱۰۰cc)	زانتان (g/۱۰۰cc)
۱ (شاهد)	۱۲	۰	۰
۲	۱۲	۰	۰/۱
۳	۶	۰/۰۲	۰/۱
۴	۰	۰/۰۴	۰/۱
۵	۱۲	۰	۰/۱۸
۶	۶	۰/۰۲	۰/۱۸
۷	۰	۰/۰۴	۰/۱۸
۸	۱۲	۰	۰/۲۶
۹	۶	۰/۰۲	۰/۲۶
۱۰	۰	۰/۰۴	۰/۲۶

بررسی رفتار رئولوژیک

اندازه‌گیری ویسکوزیته: جهت انجام آزمون‌های رئولوژیک (ویسکومتری و نوسانی) از دستگاه رئومتر مدل بوهلین جِنِمی[1] Drive II از شرکت مالورن انگلستان با ژئومتری استوانه‌ی هم‌مرکز [2] در دمای ۱۰°C استفاده به عمل آمد. برای اندازه‌گیری تنش برشی و گرانروی به صورت تابعی از سرعت برشی و تعیین رفتار جریانی

1- Bohlin Gemini
2-Concentric Cylinder Geometry

نمونه‌ها در یک فاصله‌ی زمانی ۱۰ دقیقه سرعت برشی $0/1 s^{-1}$ تا ۱۰۰۰ افزایش یافت. تنش برشی و گرانروی در هر ۶ ثانیه یکبار اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری توزیع اندازه‌ی ذرات

با استفاده از روش پراکنش نور دینامیک، توزیع و قطر متوسط ذرات کلوئیدی در تیمارهای مختلف توسط دستگاه مسترسایزر[1] ساخت شرکت مالورن[2] انگلستان 2000S تعیین گردید. اندازه‌گیری بر اساس اصل فرانهوفر انجام شد (Bagheri *et al.*, 2014). آزمون‌ها پس از گذشت حداقل ۲۴ ساعت از زمان تولید نمونه‌ها انجام شد تا حالت ثابت در نمونه‌ها حاصل شده باشد. جهت اطمینان بیشتر، پس از خارج شدن از یخچال دمای نمونه‌ها به دمای اتاق رسانده شد.

اندازه‌گیری چگالی فاز پیوسته

اندازه‌گیری وزن مخصوص نوشیدنی لیموترش پس از حذف پالپ با استفاده از پیکنومتر ۵۰ میلی‌لیتر در دمای $20^{o}C$ و طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵ انجام شد.

تعیین دانسیته و ابعاد پالپ

جهت تعیین دانسیته، وزن پالپ اضافه شده به آب به ازای افزایش حجم به مقدار مشخص با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم بدست آمد. با تعیین نسبت حجم به وزن، دانسیته‌ی پالپ تخمین زده شد. جهت حصول اطمینان سه تکرار انجام گردید. به‌منظور محاسبه‌ی ابعاد پالپ، ذرات پالپ لیموترش به شکل صفحات استوانه ای تقریب زده شدند. پالپ دارای دو فاکتور ظاهری قطر و ارتفاع می باشد که با استفاده از یک کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شدند. قطر و ارتفاع پالپ به ترتیب $0/02 \pm 1/29$ و $0/05 \pm 13/95$ میلی‌متر؛ و دانسیته‌ی پالپ $0/001 \pm 1/0253$ g/cm^3 بود.

آزمون معلق شدن پالپ

پالپ به نمونه‌های پایدار نوشیدنی لیموترش اضافه شد و معلق‌سازی مشاهده گردید (Bagheri *et al.*, 2014).

بررسی معادلات پایدارسازی ذرات فاز جامد

فرض بر این است که یک صفحه دارای شکل هندسی استوانه‌ای، درون یک سیال قرار گرفته است و هدف محاسبه‌ی برآیند نیروها و پیش‌بینی سکون و یا حرکت ذره می‌باشد. به یک ذره‌ی شناور در یک سیال چهار نیرو اعمال می‌شود که عبارتند از نیروی وزن ذره، نیروی ارشمیدس، نیروی هیدرودینامیکی و نیروی بین مولکولی. نیروی هیدرودینامیکی در مورد ذرات یا سیال در حال حرکت صادق بوده و با گرانروی و سرعت نسبی بین ذره و سیال مرتبط است، بنابراین در حالت ایستا که در بحث معلق سازی مطرح است اهمیت کمتری می‌یابد. به‌جای آن نیروی حاصل از تنش تسلیم قابل مطرح شدن است که در واقع مشابه و معادل آن است اما در حالت ایستا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. یعنی نیرویی که لازم است تا شبکه یا بافت موجود در محصول را از هم گسیخته و ایجاد حرکت نماید. برآیند نیروی وزن و ارشمیدس در لحظه‌ی صفر یعنی زمانی که ذره ثابت است مقداری مثبت و یا منفی است که باعث شروع صعود و یا ته‌نشین شدن ذره می‌شود که البته با شروع حرکت نیروی هیدرودینامیکی هم وارد خواهد شد. تنش تسلیم از شروع این حرکت جلوگیری کرده و در واقع نیروی حاصل از آن باید از برآیند این دو بیشتر باشد. از نیروی بین مولکولی نیز صرف نظر می‌شود چون ذرات، درشت و خنثی می‌باشند. بنابراین سه نیروی اصلی باید محاسبه شوند که عبارتند از نیروی وزن ذره، نیروی ارشمیدس و نیروی متناسب با تنش تسلیم سیال. به عنوان یک مثال، ذرات پالپ در نوشیدنی لیموترش مورد بحث قرار می‌گیرند. نیروها عبارتند از:

نیروی وزن ذره

$$F^{g} = \rho_{p} V_{g} \quad (1)$$

نیروی شناوری

$$F^{b} = \rho_{m} V_{g} \quad (2)$$

نیروی مربوط به تنش تسلیم: فشاری که به یک طرف ذره‌ی مسطح وارد می‌شود این نیرو را ایجاد می‌نماید. این نیرو برای یکی از نمونه‌های نوشیدنی لیموترش که حاوی ۰/۱۸ درصد زانتان و ۰/۰۴ درصد استویا می باشد محاسبه می‌شود.

$$F^{\sigma_0} = \sigma_0 A \quad (3)$$

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نوشیدنی لیموترش

اندازه‌گیری خاکستر و بریکس

برای تعیین درصد خاکستر، نمونه های موجود در بوته‌ی چینی به مدت ۶ تا ۸ ساعت در کوره ی $500^{o}C$ قرار داده شدند. سپس درصد خاکستر حاصل محاسبه شد. میزان بریکس نوشیدنی لیموترش توسط دستگاه ضریب شکست‌سنج (رفراکتومتر) (ATAGO DR-A1 مدل AD-13، ژاپن) اندازه‌گیری شد و پس از اعمال اصلاحات مربوط به دما، اعداد بریکس به‌دست آمد.

اندازه‌گیری pH و اسیدیته

اندازه‌گیری pH نمونه‌های نوشیدنی لیموترش توسط pHمتر (PH meter 3510 ،Jenway، انگلستان) انجام شد. اسیدیته‌ی

1- Mastersizer
2 -Malvern

نمونه‌های نوشیدنی لیموترش با روش تیتراسیون با محلول سود ۰/۱ مولار تا ظهور رنگ صورتی پایدار و بر اساس اسید سیتریک محاسبه گردید.

بررسی ویژگی‌های حسی نوشیدنی لیموترش

برای ارزیابی حسی نمونه‌های نوشیدنی از روش امتیازدهی ساده[1] استفاده شد. برای این منظور فرم‌های ارزیابی حسی تهیه شد و تیمارهای نوشیدنی‌های لیموترش در اختیار ۲۰ ارزیاب آموزش‌دیده قرار داده شد. برای هر تیمار یک کد سه رقمی در نظر گرفته شد. بیشترین امتیاز ۷ و کمترین امتیاز ۱ در نظر گرفته شد. سپس از هر ارزیاب خواسته شد که به بهترین نمونه (از نظر پذیرش کلی مصرف‌کننده) امتیاز ۷ و به ضعیف‌ترین نمونه امتیاز ۱ را بدهد و بقیه نمونه‌ها را نیز بر این اساس امتیازبندی کند. از ارزیاب‌ها خواسته شد تا پس از خوردن هر نمونه، آب بنوشند تا نمونه‌ی قبلی تأثیری بر ارزیابی آنها نسبت به نمونه‌ی جدید نداشته باشد. نمونه‌ها به هر ارزیاب به‌صورت جداگانه ارائه شد تا نظرات ارزیاب‌ها بر یکدیگر تأثیرگذار نباشد (رئیسی و همکاران، ۱۳۹۱؛(Azarikia *et al*., (2010).

بررسی ویژگی‌های میکروبی نوشیدنی لیموترش

بررسی کیفیت میکروبی نمونه‌ها از نظر باکتری‌های اسیدوست و شمار کپک و مخمر مطابق استانداردهای ملی ۲۸۳۷، ۳۴۱۴ و ۱۲۵۰ انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای ارزیابی آماری داده‌ها از نرم‌افزار Statgraphics centurion 15.2.11 استفاده شد. به منظور بررسی معنی‌دار بودن اختلاف موجود بین میانگین‌ها در آزمون‌های دستگاهی از روش ANOVA و جهت تعیین اختلافات از روش مقایسه‌ی چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت. اطلاعات به دست آمده از آزمایش‌های رئولوژیکی با استفاده از نرم‌افزار Excel به‌منظور تعیین مدل ریاضی مناسب مورد برازش قرار گرفت. در این راستا از رگرسیون‌های خطی و غیرخطی استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های رئولوژیکی

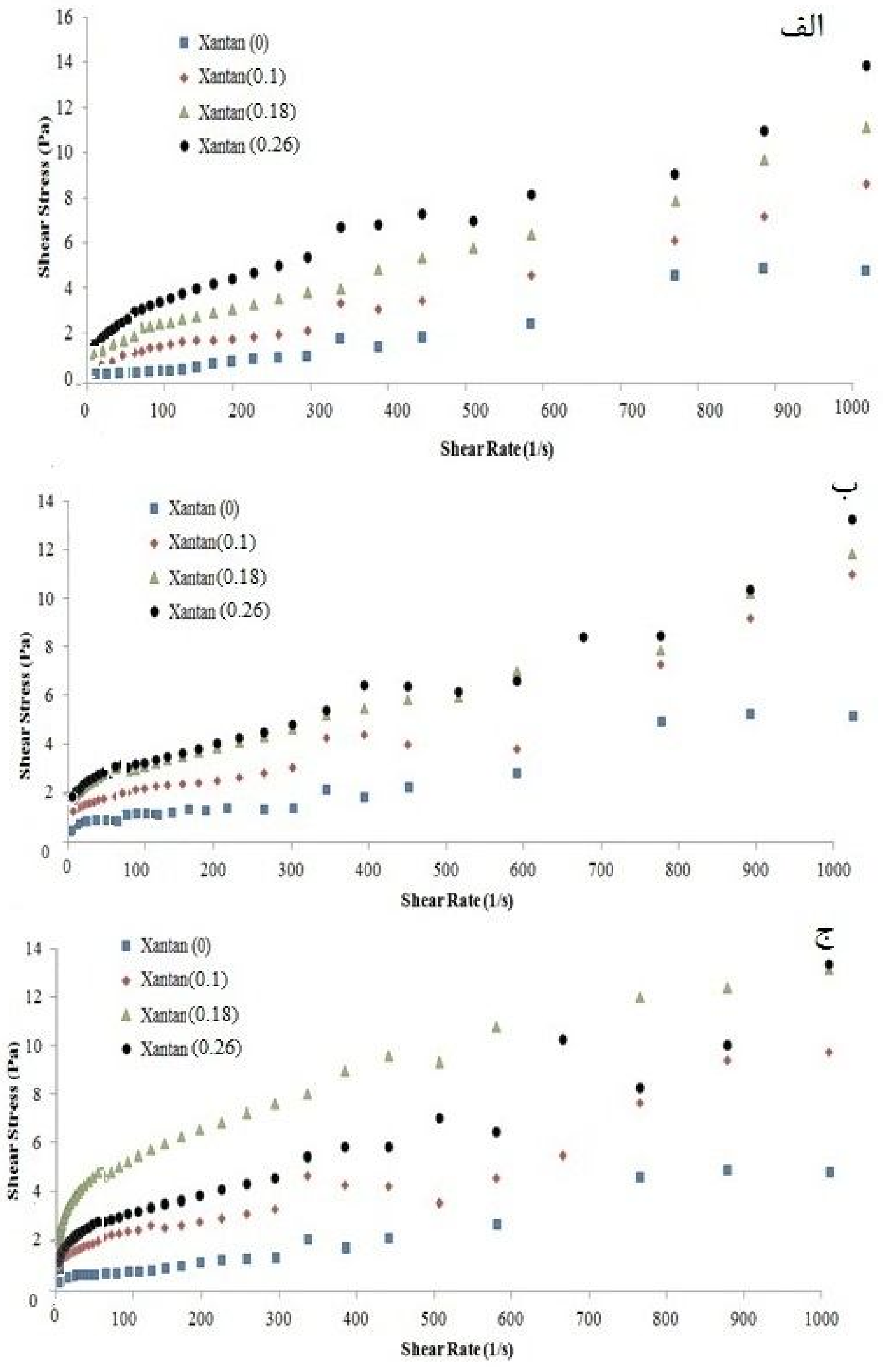
تاثیر افزودن هیدروکلوئیدها بر خواص جریانی نوشیدنی لیموترش

در شکل ۱ و ۲ به ترتیب نمودار جریان و ویسکوزیته‌ی نمونه‌های نوشیدنی لیموترش نشان داده شده است. زانتان رفتار جریانی نوشیدنی لیموترش را تغییر و آن را به سمت رفتار غیرنیوتنی رقیق‌شونده سوق داد. در نرخ‌های برش پایین، ویسکوزیته‌ی ظاهری بالاتر بود اما با افزایش نرخ برش، ویسکوزیته به شدت کاهش یافت. بالا بودن ویسکوزیته‌ی ظاهری در نرخ‌های برشی پایین تأییدکننده‌ی ایجاد شبکه‌ی سه‌بعدی در حضور زانتان می‌باشد. این شبکه توسط نیروهای ضعیف مانند پیوندهای هیدروژنی، پایدار گردیده است. در حالت ایستا این شبکه‌ی سه بعدی عامل بالا بودن قوام محلول حاوی زانتان می‌باشد. اما با اعمال نیروی برشی متناسب این قوام کاهش یافته و ویسکوزیته‌ی ظاهری تا حد زیادی کاهش می‌یابد. این رفتار موجب حفظ ویژگی نوشیدنی بودن محصول می‌گردد.

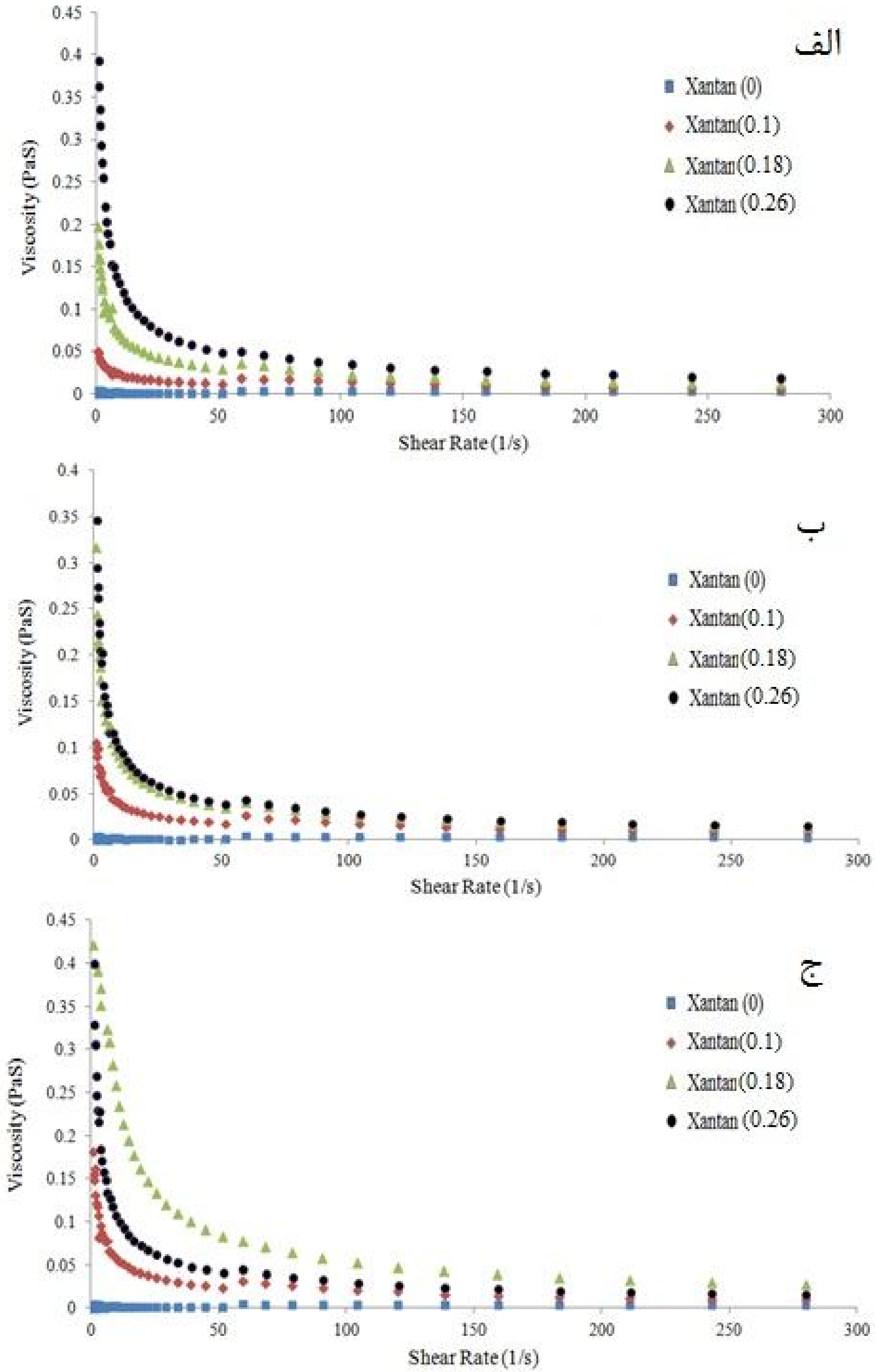
افزایش غلظت زانتان نیز موجب تغییر رفتار جریانی نوشیدنی لیموترش گردید به نحوی که رفتار رقیق‌شوندگی محلول تشدید شد و قوام محلول افزایش یافت، از طرفی افزایش غلظت زانتان در نرخ برشی بالاتر از ۱۰ تأثیر شدیدی بر ویسکوزیته‌ی ظاهری نمونه‌ها نداشته است در حالی که در نرخ‌های برش پایین تفاوت بارزی بین نمونه‌ها ایجاد گردید. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که زانتان موجب ایجاد تنش تسلیم شده است و همانطور که پیش‌بینی شد رفتار مربوط به ژل مایع در نمونه‌های حاوی زانتان مشاهده شد. از لحاظ گرافیکی تأثیر حضور زانتان را می‌توان چنین تفسیر نمود که در قسمت تقریباً خطی، شیب نمودارها تفاوت چندانی با هم ندارد و در نتیجه ویسکوزیته‌ی محلول تا حدودی مشابه می‌باشد، اما همانطور که در نمودارها قابل مشاهده است افزایش غلظت زانتان موجب بالاتر رفتن نمودار گردیده است. به عبارت دیگر می‌شود چنین نتیجه گرفت که بالاتر رفتن نمودارها نشانگر عرض از مبدأ ایجاد شده توسط تنش تسلیم می‌باشد.

به‌عبارت دیگر، همانطور که در شکل ۲ قابل مشاهده است ویسکوزیته‌ی نمونه‌های نوشیدنی حاوی زانتان تا افزایش نرخ برشی به مقدار معینی، ثابت است که نشانگر مقاومت نمونه‌های نوشیدنی حاوی زانتان برای سیال شدن است. در نرخ های برشی کم، ژل‌های سیال همانند ژل رفتار می‌کنند بدان معنی‌که میزان تخریب ساختار ژل سیال در اثر تنش وارد شده با شکل‌گیری توده‌های جدید در حال تعادل است (Bagheri *et al*., 2014). بنابراین، تغییر محسوسی در ویسکوزیته‌ی نمونه‌ها ایجاد نمی‌شود. این منطقه، ناحیه‌ی پلاتوی نیوتنی نامیده می‌شود که در آن ویسکویته‌ی نمونه‌ها ثابت است. در نرخ‌های برشی بالاتر، میزان تخریب ساختار ژل سیال بسیار بیشتر از شکل‌گیری آن است (Bagheri *et al*., 2014) و مولکول های زانتان در مسیر برش قرار گرفته و با افزایش نرخ برشی، ویسکوزیته کاهش می یابد.

1 - Simple Ranking



شکل ۱- نمودار جریان نمونه‌ی شاهد و نمونه های حاوی: الف) ۱۲٪ شکر، فاقد استویا و غلظت‌های مختلف زانتان، ب) ٦٪ شکر، ۰/۰۲٪ استویا و غلظت‌های مختلف زانتان، ج) ۰٪ شکر، ۰/۰٤٪ استویا و غلظت‌های مختلف زانتان



شکل۲- نمودار ویسکوزیته‌ی نمونه‌ی شاهد و نمونه های حاوی: الف) ۱۲٪ شکر، فاقد استویا و غلظت‌های مختلف زانتان، ب) ٦٪ شکر، ۰/۰۲٪ استویا و غلظت‌های مختلف زانتان، ج) ۰٪ شکر، ۰/۰٤٪ استویا و غلظت‌های مختلف زانتان

روابط مربوط به نرخ برش وتنش برشی با مدل هرشل بالکلی برازش شد که نتایج آن‌ها در جدول۲ آمده است. با افزایش غلظت زانتان رفتار رقیق‌شوندگی محلول تشدید شد و قوام محلول افزایش یافت. در نمونه‌های حاوی غلظت ۰/۱٪ زانتان، افزایش غلظت استویا تا ۰/۰۲٪ اثر معناداری بر افزایش رفتار رقیق‌شوندگی داشت. اندیس قوام در این نمونه ها با افزایش غلظت استویا تا ۰/۰۴٪ به‌طور معناداری افزایش یافت. در نمونه‌های حاوی غلظت ۰/۱۸٪ زانتان، افزایش غلظت استویا تا ۰/۰۴٪ منجر به کاهش و افزایش معنادار به‌ترتیب اندیس جریان و اندیس قوام گردید. در نمونه‌های حاوی غلظت ۰/۲۶٪ زانتان، اندیس قوام نمونه‌ها با افزایش غلظت استویا تا ۰/۰۴٪ به‌طور معناداری کاهش یافت. با افزایش غلظت زانتان مقدار تنش تسلیم نمونه‌ها افزایش یافت. در غلظت یکسان زانتان، با افزایش غلظت استویا مقدار تنش تسلیم نمونه‌ها به‌طور معناداری افزایش یافت. به‌عبارت دیگر، کاهش درصد شکر و افزایش درصد استویا با افزایش غلظت زانتان دارای اثر متقابل معناداری بر افزایش مقدار تنش تسلیم نمونه‌ها بود.

جدول ۲- پارامترهای محاسبه شده مربوط به مدل هرشل بالکلی برای نمونه‌های نوشیدنی لیمو ترش شامل شاخص رفتار جریان، اندیس قوام و تنش تسلیم

شماره نمونه	شاخص رفتار جریان(n)	ضریب قوام ($K)(mPa.s^n$)	تنش تسلیم(mPa)	ضریب همبستگی
۱ (شاهد)	۰/۸۷	۶	۰	۰/۶۷۱
۲	۰/۶۴	۶۶۲	۹۰۰/۲۳	۰/۸۴۸۷
۳	۰/۵۶	۱۲۴	۱۰۰۲/۷۱	۰/۸۶۴۵
۴	۰/۵۵	۱۶۶/۷	۱۱۰۲/۱	۰/۹۶۸۴
۵	۰/۵۳	۲۰۲/۴	۱۲۳۴/۴۳	۰/۹۷۵۴
۶	۰/۴۸	۳۰۹/۹	۱۹۳۲/۸۹	۰/۹۲۸۵
۷	۰/۳۶	۹۲۶/۷	۲۱۶۲/۴	۰/۹۹۸۹
۸	۰/۴۵	۴۵۵/۷	۱۷۱۵/۹۸	۰/۹۸۹۹
۹	۰/۴۹	۳۱۸	۲۰۰۴/۰۱	۰/۹۹۸۹
۱۰	۰/۴۸	۳۵۳/۷	۱۸۹۲/۶	۰/۹۹۷۶

توزیع اندازه‌ی ذرات

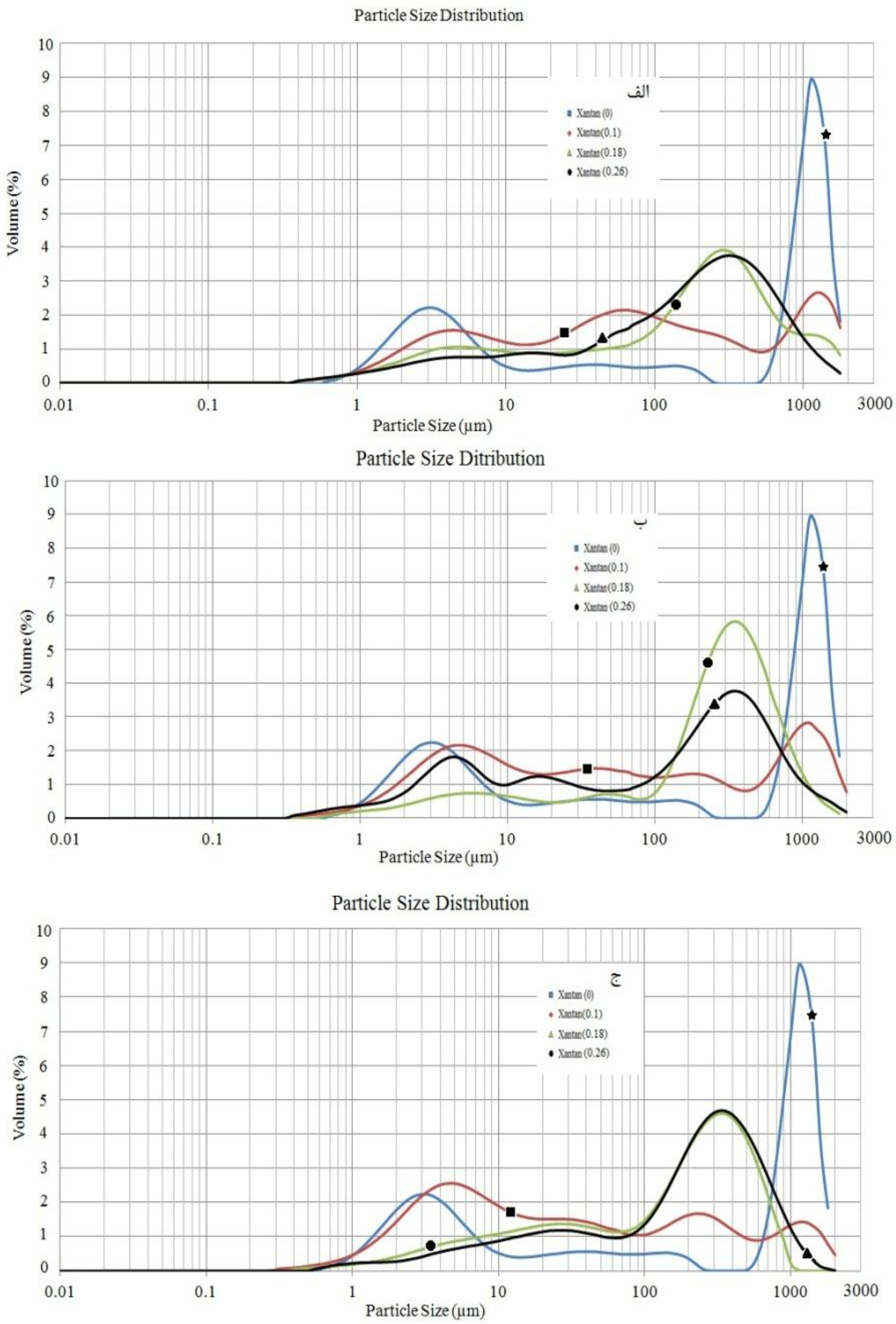
در شکل ۳ توزیع اندازه‌ی ذرات بر حسب درصد حجمی ذرات با قطرهای مختلف نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده از آزمون توزیع اندازه‌ی ذرات نشان داد که زانتان به‌طور معناداری باعث افزایش اندازه‌ی ذرات می‌شود. این امر به این معنی است که هیدروکلوئید آنیونی زانتان وکلوئیدهای نوشیدنی لیموترش با هم واکنش داده و بنابراین دامنه وسیع‌تری از اندازه‌ی ذرات را ایجاد نموده‌اند (*Bagheri et al*., 2014). افزایش غلظت زانتان این اثر را تشدید نمود. کاهش غلظت شکر و افزایش غلظت استویا در ترکیب با زانتان باعث کاهش اندازه ذرات شد.

معلق‌سازی

در نمونه‌ی استاندارد که فاقد زانتان بود پالپ‌ها به علت چگالی بالای سیال در سطح تجمع کردند. در نمونه‌های حاوی ۰/۱۰٪ زانتان به علت عدم قدرت کافی بافت برای تشکیل ساختار سه‌بعدی و نگهداری پالپ‌ها، ذرات پالپ به حالت روشناور باقی ماندند و به دلیل چگالی بالای سیال و اختلاف چگالی فاز پیوسته و پراکنده بر طبق قانون استوک[1] پالپ‌ها در سطح تجمع یافتند. در نمونه‌های حاوی زانتان کمتر از ۰/۱۷ ٪ به علت کم بودن چگالی سیال، پالپ‌ها ته‌نشین شدند. نمونه‌های حاوی ۰/۱۷ ٪ زانتان پایدار بودند اما پس از گذشت ۴-۳ ساعت، ته‌نشینی ذرات پالپ در آنها روی داد. در نمونه‌های حاوی ۰/۲۰-۰/۱۸ ٪ زانتان به علت تشکیل ساختار سه‌بعدی مناسب و قدرت کافی جهت نگهداری ذرات پالپ معلق‌سازی صورت گرفت. بنابراین در بحث محاسبات پایداری این نمونه مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های حاوی زانتان بالا (بالاتر از ۰/۲۰ ٪) به علت ویسکوز بودن بیش از حد که بازارپسندی محصول را کاهش می‌دهد مورد قبول نبوده و صرفاً جنبه‌ی بحث و مقایسه داشتند. در این مطالعه مقادیر ویسکوزیته‌ی به‌دست آمده در مورد نوشیدنی لیموترش بیشتر از مقادیر لحاظ شده برای نوشیدنی پرتقال پایدار شده توسط ژلان (Bagheri *et al*., 2014) بود که این موضوع را می‌توان به اختلاف مقادیر مصرفی هیدروکلوئید، تفاوت در قدرت تشکیل ژل آنها و همچنین به‌کارگیری اینولین در فرمولاسیون نوشیدنی لیموترش نسبت داد؛ زیرا بکاربردن مقدار پایین اینولین به همراه سایر پلی-ساکاریدها و صمغ‌ها مثل زانتان به‌علت واکنش‌های هم‌افزایی سبب

1- Stoke's law

افزایش قابل توجه ویسکوزیته می شود (اخوان طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۵).



شکل۳- منحنی توزیع اندازه ذرات نمونه شاهد و نمونه های حاوی: الف) ۱۲٪ شکر، فاقد استویا و غلظت‌های مختلف زانتان، ب) ٦٪ شکر، ۰/۰۲٪ استویا و غلظت‌های مختلف زانتان، ج) ۰٪ شکر، ۰/۰٤٪ استویا و غلظت‌های مختلف زانتان

معادلات مربوط به پایداری

بر اساس قطر و ارتفاع پالپ مساحت و حجم ذرات پالپ به ترتیب m^2 ۱۲/۳۴۶×۱۰$^{-5}$ و m^3 ۷/۲۸۹ ×۱۰$^{-8}$ محاسبه شد. وجود تنش تسلیم از نتایج مربوط به رفتار جریانی قابل استنتاج است. برای یکی از نمونه‌های نوشیدنی لیموترش که حاوی ۰/۱۸ درصد زانتان و ۰/۰۴ درصد استویا می باشد ما داریم:

$$\rho_m = 1003.9 \ \text{kg m}^{-3} \text{ and } \sigma_0 = 2.1624 \ \text{Pa}$$

پس مطابق با معادلات ۱-۳ داریم:

$$F^g = \rho_p V_p g = 7.324 \times 10^{-4}\ N \qquad (۴)$$

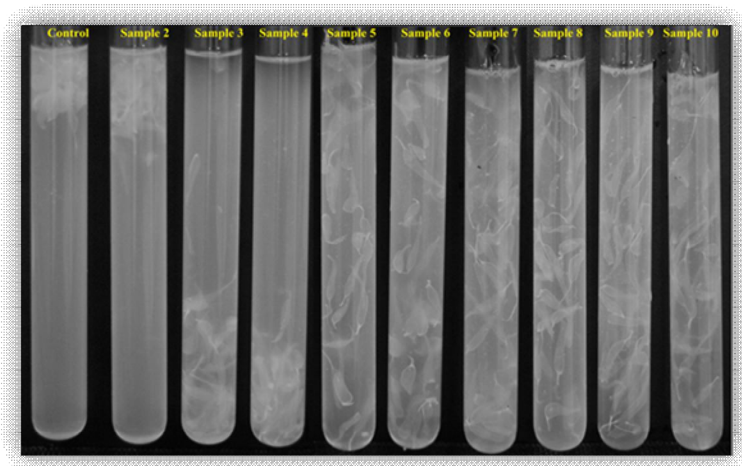
$$\text{N}\, F^b = \rho_m V_m g = 7.171 \times 10^{-4} \qquad (۵)$$

$$\text{N}\, F^{\sigma_0} = 2.6697 \qquad (۶)$$

همانطور که اشاره شد در حالت ایستا نیروهای وزن و شناوری به ذره وارد شده و تمایل به ایجاد حرکت در ذره را دارند. بنابراین برآیند این دو نیرو باید محاسبه شود:

$$F^{\sigma_0} \geq \left|F^g - F^b\right| \geq \left(7.324\times10^{-4}\right) - \left(7.171\times10^{-4}\right) \geq 1.53\times10^{-5}\,N \qquad (۷)$$

چنانچه تنش تسلیم، نیروی برابر یا بزرگ‌تر از این مقدار باشد، ذره پالپ پایدار خواهد شد. با توجه به اینکه نیروی تنش تسلیم در مورد ذره‌ی محاسبه شده بزرگ‌تر از برآیند این دو نیرو می‌باشد ذرات پالپ به خوبی در محلول نمونه پایدار شد. در آزمایشات پایداری نیز این نمونه پایدار بود(شکل ۴)که محاسبات را تائید نمود (*Bagheri et al.*, 2014).



شکل ٤- نمونه های نوشیدنی لیمو ترش حاوی ذرات پالپ

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی

در جدول ۳ خصوصیات کیفی فرمولاسیون‌های مختلف نوشیدنی لیموترش مشاهده می‌گردد. بر اساس نتایج به دست آمده pH نمونه‌ها ۲/۹۰-۲/۸۵ و میزان اسیدیته بر حسب اسید سیتریک ۰/۵۲-۰/۴۷گزارش شد که با استاندارد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نوشیدنی میوه‌ای بدون گاز (استاندارد ملی ۲۸۳۷) مطابقت داشت. برای سایر ویژگی‌ها مانند مواد جامد محلول در آب (بریکس) و چگالی به دلیل موجود نبودن استاندارد برای آبمیوه‌های رژیمی مقایسه‌ای انجام نگرفت و نیاز به تدوین استاندارد ملی در این زمینه احساس می‌شود. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تیمارهای مختلف نوشیدنی لیموترش بیانگر این است که مقادیر اسیدیته و pH تفاوت معنی‌داری در میان نمونه‌های نوشیدنی نداشتند و نمونه‌های حاوی شکر، زانتان و استویای بالاتر دارای بریکس، خاکستر و چگالی بالاتری بودند ($P<0.05$).

از نقطه‌نظر ویژگی‌های حسی، ظاهر و طعم نمونه‌ها توسط ارزیاب‌ها مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). با اینکه هیدروکلوئیدها قادر به پایدارسازی سیستم‌های غذایی دوفاز می‌باشند ولی در عین حال می‌توانند تأثیرات منفی بر خواص حسی فراورده‌ی نهایی داشت باشند (Azarikia *et al*., 2010). به‌طورکلی غلظت حدود ۰/۱۸٪ زانتان موجب معلق‌سازی مناسب ذرات پالپ و دریافت امتیازات بالاتر توسط ارزیاب‌ها گردید. از طرفی بر اساس مطالعات انجام شده، بکارگیری اینولین در نوشیدنی‌ها و آبمیوه‌ها و شکلات‌ها به همراه شیرین‌کننده‌های کم‌کالری قوی مثل آسپارتام وآسسولفام سبب پوشانده شدن پس‌مزه نامناسب این شیرین‌کننده‌ها و ایجاد بافت و احساس دهانی شبیه نمونه های تولید شده با شکر می‌شود (Dahl *et al*., 2005). بنابراین داوران چشایی به نمونه‌های حاوی شکر یا

استویا- بدون احساس پس مزه‌ی تلخ- که طعم شیرینی مطلوبی داشتند امتیاز بالاتری دادند.

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و نتایج ارزیابی حسی نوشیدنی لیموترش

شماره نمونه	اسیدیته	pH	بریکس	خاکستر	چگالی	ظاهر	طعم
۱ (شاهد)	۰/۵۰^{a} ±۰/۰۲	۲/۸۶^{a} ±۰/۰۲	۱۲/۵۵^{f} ±۰/۷۸	۰/۱۴۳^{b} ±۰/۰۰۶	۱/۰۰۶^{bc} ±۰/۰۰۱	۲/۵۰^{a} ±۰/۷۱	۶/۰۰^{d} ±۱/۴۱
۲	۰/۴۹^{a} ±۰/۰۳	۲/۸۳^{a} ±۰/۰۷	۱۲/۲۰^{f} ±۰/۱۴	۰/۱۷۹^{de} ±۰/۰۰۲	۱/۰۰۶^{c} ±۰/۰۰۱	۵/۵۰^{cd} ±۰/۷۱	۵/۰۰^{cd} ±۱/۴۱
۳	۰/۴۸^{a} ±۰/۰۴	۲/۷۴^{a} ±۰/۰۸	۷/۴۰^{c} ±۰/۱۴	۰/۱۵۶^{c} ±۰/۰۰۵	۱/۰۰۳^{a} ±۰/۰۰۱	۴/۵۰^{bc} ±۰/۷۱	۳/۵۰^{abc} ±۰/۷۱
۴	۰/۴۹^{a} ±۰/۰۴	۲/۷۶^{a} ±۰/۱۱	۲/۱۵^{a} ±۰/۴۹	۰/۱۳۰^{a} ±۰/۰۰۳	۱/۰۰۵^{abc} ±۰/۰۰۱	۳/۵۰^{ab} ±۰/۷۱	۱/۵۰^{a} ±۰/۷۱
۵	۰/۴۸^{a} ±۰/۰۳	۲/۸۲^{a} ±۰/۰۸	۱۲/۲۵^{f} ±۰/۲۱	۰/۲۱۴^{f} ±۰/۰۰۷	۱/۰۲۹^{d} ±۰/۰۰۱	۶/۵۰^{d} ±۰/۷۱	۵/۵۰^{cd} ±۰/۷۱
۶	۰/۴۹^{a} ±۰/۰۴	۲/۸۲^{a} ±۰/۰۵	۷/۵۰^{c} ±۰/۷۱	۰/۱۸۸^{e} ±۰/۰۰۳	۱/۰۵۰^{e} ±۰/۰۰۱	۶/۰۰^{cd} ±۰/۰۰	۶/۰۰^{d} ±۰/۰۰
۷	۰/۴۸^{a} ±۰/۰۲	۲/۷۷^{a} ±۰/۰۲	۳/۰۵^{b} ±۰/۰۷	۰/۱۵۲^{bc} ±۰/۰۰۷	۱/۰۰۴^{abc} ±۰/۰۰۱	۶/۵۰^{d} ±۰/۷۱	۲/۰۰^{ab} ±۱/۴۱
۸	۰/۴۹^{a} ±۰/۰۴	۲/۸۲^{a} ±۰/۰۸	۸/۳۵^{d} ±۰/۷۱	۰/۲۳۷^{g} ±۰/۰۰۶	۱/۰۱۹^{d} ±۰/۰۰۱	۴/۵۰^{bc} ±۰/۷۱	۵/۵۰^{cd} ±۰/۷۱
۹	۰/۵۰^{a} ±۰/۰۲	۲/۸۴^{a} ±۰/۰۶	۹/۱۰^{e} ±۰/۱۴	۰/۲۱۸^{f} ±۰/۰۰۶	۱/۰۵۲^{f} ±۰/۰۰۱	۶/۰۰^{cd} ±۱/۴۱	۵/۵۰^{cd} ±۰/۷۱
۱۰	۰/۴۹^{a} ±۰/۰۲	۲/۸۲^{a} ±۰/۰۸	۲/۶۰^{ab} ±۰/۱۴	۰/۱۶۸^{d} ±۰/۰۰۵	۱/۰۰۴^{ab} ±۰/۰۰۱	۳/۰۰^{ab} ±۰/۰۰	۴/۰۰^{bcd} ±۱/۴۱

حروف مختلف در هر ستون به معنی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵٪ است.

ویژگی‌های میکروبی

پائین بودن pH آبمیوه‌ها و بالا بودن غلظت قندهای قابل تخمیر، باعث انتخابی شدن محیط آن‌ها برای رشد گروه خاصی از میکروارگانیسم‌های مقاوم به اسید شده است. مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های عامل فساد آب میوه‌ها، مخمرها مانند کاندیدا و تورولاپسیس هستند. مخمرها با تجزیه‌ی اسیدهای آلی و تخمیر مواد قندی تولید استالدئید، الکل، دی‌اکسیدکربن و مواد دیگری می‌کنند که باعث ایجاد طعم نامناسب در فراورده می شود. باکتری‌های اسید لاکتیک مانند لاکتو باسیلوس برویس نیز از دیگر عوامل فساد آب میوه‌ها هستند. باکتری‌های اسید استیک مانند گلوکونوباکتر نیز در موارد نقص در بسته‌بندی فراورده و افزایش اکسیژن محلول می‌توانند سبب فساد آبمیوه‌ها شوند : باکتری‌های اسید لاکتیک و استیک نسبت به حرارت پاستوریزاسیون حساس هست. در مورد نمونه‌های نوشیدنی لیموترش، شمار باکتری‌های مقاوم به اسید و کپک و مخمر مطابق استاندارد ۳۴۱۴ بوده و حداکثر مجاز در یک میلی‌لیتر آبمیوه منفی گزارش شد.

نتیجه‌گیری

زانتان باعث ایجاد رفتار غیرنیوتنی و تنش تسلیم در نوشیدنی می‌شود و از ته‌نشینی ذرات معلق در حالت ایستا جلوگیری می‌نماید. ایجاد تنش تسلیم به علت وجود شبکه‌ی سه بعدی بازگشت‌پذیر است. از آنجایی که این شبکه به راحتی با اعمال تنش برشی از بین می‌رود امکان استفاده از این خاصیت در نوشیدنی‌ها وجود دارد. ذرات پالپ به‌عنوان مثالی از ذرات جامد به نوشیدنی لیموترش افزوده شدند. این ذرات به علت وجود تنش تسلیم یا ایجاد حالت ژل مایع، با وجود داشتن دانسیته بیشتر از نوشیدنی لیموترش، معلق ماندند. در مورد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مانند بریکس و چگالی نیاز به تدوین استاندارد و امکان مقایسه‌ی نتایج با استاندارد نوشیدنی رژیمی لیموترش وجود دارد. در مجموع با در نظر گرفتن تمامی فاکتورهای پایدارسازی و خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نوشیدنی رژیمی و فراسودمند لیموترش، نمونه‌ی ۶ حاوی ۶ درصد شکر، ۰/۰۲ درصد استویا و ۰/۱۸ زانتان بهترین فرمولاسیون بود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان به این وسیله مراتب سپاس خود را از مسئولان سازمان اتکا و کارخانه‌ی زمزم به جهت تأمین برخی مواد و تجهیزات مورد نیاز جهت انجام این پژوهش اعلام می‌دارند.

منابع

Akhavan Tabatabaee, H., & Zandi, P., 2006, Evaluation of nutritional value and technological characteristics of inulin and its application in food industry. *16th National Food Congress*, Gorgan, Iran.

Azarikia, F., & Abbasi, S., 2010, on the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids* 24, 358–363.

Bagheri, L., Mousavi, M. E., & Madadlou, A., 2014, Stability and Rheological Properties of Suspended Pulp Particles

Containing Orange Juice Stabilized by Gellan Gum. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 0, 1–8.
Carino-Cortes, R., Hernandez-Ceruelos, A., Torres-Valencia, J. M., Gonzalez-Avila, M., Arriaga-Alba, M. & Madrigal-Bujaidar, E., 2007, Anti-mutagenicity of Stevia pilosa and Stevia eupatoria evaluated with the Ames test.*Toxicology in Vitro*, 6, 691–697.
Dahl, W. J., Whiting, S. J., Isaac, T. M., Weeks, S. J., & Arnold, C. J., 2005, Effects of thickened beverages fortified with inulin on beverage acceptance, gastrointestinal function, and bone resorption in institutionalized adults. *Journal of Nutrition*, 21 (3), 308-311.
Delshadian Z., Mohammadi, R., Rouhi M., Homayouni Rad A., & Mortazavian, A. M., 2013, Effect of using stevia sweetener on peroxide value of chocolate milk. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(5), 107-113.
Geuns, J. M. C., 2003, Molecules of Interest Stevioside. Phytochemistry, 64, 913–921.
Hamzeluie, M., Mirzayi, H., & Ghorbani, M., 2009, Evaluation effects of evaluation of sugar replace by glycosidic sweeteners of stevia on the peroxide index in biscuit. *Iranian Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16, 291-298.
Ja'fari, M., 2012, Production of a functional cocoa-milk drink. MSc. Thesis, Islamic Azad University of Shahre-Qods.
Mazorra, V. E. S., & Casas, J., 2000, Xanthan gum: production, recovery and properties. *Biotechnology advances*, 18, 549-579.
Nourmohammadi, E., Peighambardoust, S. H., Olad Ghaffari, A., Azadmard-Damirchi, S., & Hesari, J., 2011, Effect of sucrose replacement with polyols and aspartame on the characteristics of sponge cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 21, 155-165.
Rahmati, N. F., Mazaheri Tehrani, M., & Koocheki, A., 2014, Modeling and optimization of textural properties of low calorie mayonnaise containing xanthan, guar and pre gel corn starch as fat replace. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 42, 43-54.
Raiesi, F., Razavi, H., Hojjatoleslami, M., & Keramat, J., 2013, Production of a functional orange drink using rice-bran extract. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 7 (4), 45-53.
Ranji, R., Hashemiravan, R. M., & Asadolahi, S., 2014, Stability of lemon beer containing stevia and isomalt sweeteners during storage period. Bulletin of Environment, *Pharmacology and Life Sciences*, 3, 145-150.
Shourideh, M., Taslimi, A., Azizi, M., Mohammadifar, M., & Mashayekh, M., 2010, Effects of D-Tagatose , inulin and stevia as sugar substitutes on the physical, chemical, rheological and sensory properties of dark chocolate. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 5(3), 29-38.
Standard No. 1250, carbonated soft drink-Specifications, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 4th Ed., 1998.
Standard No. 2837, Fruit base drink (non-carbonated) -Specifications, *Institute of Standards and Industrial Research of Iran*, 2nd Ed., 2007.
Standard No. 3414, Soft drinks – Fruit juice and fruit juice products – Microbiological specification and test methods, *Institute of Standards and Industrial Research of Iran*, 1st Ed., 2006.
Standard No. 6094, Xanthan gum specified for food industry, specifications and test methods, *Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 1st Ed*., 2002.
Yarmand, S. & Hamshemi-Ravan, M., 2008, the application of hydrocolloids in food industry and other industries, *Marze-Danesh press*, 27-35.
Yousefi asli, M., Goli, S. A. H., & Kadivar, M., 2012, Optimization of low-calorie quince jam production with Stevioside sweetener. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 22, 136-163.
Yu-ying, C., & Xue-song, Z., & Wei-li, S., 2009, Effect of mixtures of CMC and Several Colloids on the Stability of Hawthorn Pulpy Juice Drink. *Modern Food Science and Technology*, 9, 127-133.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 214- 226

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۲۲۶-۲۱۴

Functional and dietary lemon beverage, stabilization and evaluation of physicochemical and sensory characteristics

M. Kargozari[1*], L. Bagheri[2], A. R. Mohammadi[3]

Received: 2015.05.02
Accepted: 2015.08.24

Introduction: In recent years, sugar-free or reduced-sugar foods and beverages are becoming very popular among the consumers. At the same time, consumers are increasingly concerned about the quality and safety of many products present in the diet, in particular, low-calorie synthetic or natural sweeteners. Sugar adds viscosity and provides body in drinks and semi-liquid foods like syrups and fruit juices. In order to achieve the same quality, taste and texture profile, reducing or removing sugar from a product often requires replacement with a number of alternative ingredients such as hydrocolloids. Hydrocolloids are widely used in many food formulations to improve quality attributes as thickening and gelling agents. Xanthan gum is a polysaccharide used as a food additive and rheology modifier, commonly used as a food thickening agent and a stabilizer, to prevent ingredients from separating. Stevia is an attractive natural sweetener and sugar substitute extracted from the leaves of the plant species *Stevia rebaudiana*. Inulin is a starchy substance found in a wide variety of fruits, vegetables, and herbs, which improves the technological properties and enhance the nutritional value of food and also has synergistic sweetening effect with sweeteners including stevia. Dietitians suggest that inulin belong to a class of water-soluble dietary fibers known as fructans, but research suggests prebiotic and bifidogenic properties of this compound that has caused it to be also regarded as a functional compound.

Materials and methods: Lemon drink with different formulations containing sugar (0, 6, 12 %), stevia (0, 0.02, 0.04 %) and xanthan (0, 0.18. 0.26 %) were prepared. To mask the bitter taste of stevia, inulin which has functional properties, was added to the formulation at the level of 0.5 %. In this study, liquid-gel method was used to suspend the solid particles of pulp and reach the desired consistency. Liquid gel structure was built by adding hot xanthan solution to the half diluted lemon drink while being stirred. Flow behavior and particle size distribution were examined. The dynamic yield stress of the samples was calculated and the stability of pulp particles in lemon drink was predicted by determination of the forces acting on the particle. Specific gravity measurement of lemon beverage was performed after removing the pulp using 50 ml pycnometer at 20°C according to the Iranian National Standard No. 2685. Mean diameter and size distribution of cloud-forming substances in pulp-free beverages were measured with a static light scattering laser diffraction-based particle size analyzer Malvern Master Sizer. Physicochemical (pH, acidity, ash, brix and density), sensory (taste and appearance) and microbial properties of lemon diet drinks were also examined.

Results and discussion: Xanthan, having considerable effect on flow behavior of lemon drink samples, created high amounts of apparent viscosity at low shear rates. In samples containing xanthan, yield stress was observed and its value was measured by extrapolation based on the Herschel-Bulkley model. The calculations of pulp suspension were conducted based on the yield stress, which were consistent with the results of stability observed. The results of the particle size distribution test showed that xanthan significantly increases the particle size of the lemon beverage. This means that the anionic hydrocolloid xanthan also react with lemon drink colloids and broader range of particle size was created. Higher xanthan concentration had led to increased particle size range. Lower sugar and stevia concentration in combination with xanthan reduced the particle size. Based on the results obtained, pH of samples ranged from 2.85 – 2.90 and acidity expressed as citric acid ranged from 0.47 – 0.52 that was in accordance with the standard related to the physicochemical properties of non-carbonated drinks and beverages (Iranian National Standard No. 2837). Other properties such as water-soluble solids value and density were not discussed due to the lack of standards for low-sugar beverages and the need for a national standard in this field was felt. The results concerned to the physical and chemical characteristics of

2- Department of Food Science, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran
2- Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Sarvestan Branch, Sarvestan, Shiraz, Iran
3- Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Mazandaran, Iran and Researcher of Centre for Research and Development of ETKA Organization
(*Corresponding Author Email: mina_kargozari@ut.ac.ir)

different treatments indicated that lemon beverage acidity and pH values did not show significant differences among the samples and the samples containing higher amounts of sugar, xanthan and stevia had higher brix, ash and density values (*P<0.05*). Generally a concentration of about 0.18 % xanthan caused suitable suspended pulp particles and consequently received scores by panelists were higher. Regarding the results of the rheological, physicochemical and sensory properties of lemon drinks, samples containing 6% sugar, 0.02% stevia and 0.18% xanthan were chosen as the best formulation.

Keywords: Lemon drink, Stevia, Inulin, Suspended pulp particles, Fluid gel, Rheology